中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）40(4)：385～395（1991）

獨立性環境指標在落花生產量穩定性分析之建立與應用[1]

呂　秀　英[2]

摘要：直線迴歸模式能有效地估計數量性狀對環境的適應能力。然而，傳統的直線迴歸模式中係以各環境均值與總平均值的離差作爲該一試驗的環境效應估值，再以各品種收量隨此環境指標作迴歸所得的迴歸係數來評價品種的穩定性。由於該環境指標與分析資料間並非獨立，實不符合迴歸分析中自變數爲固定值的一般假設，因此，本研究以落花生品系試驗資料爲實例說明，重新設定直線迴歸之各種獨立性環境指標，並與傳統環境指標評估品系穩定性的結果作一比較討論，結果發現：利用逢機、分層及極端不同取樣方法將所有品系分爲兩組，彼此利用他組之環境效應估值作爲該組的環境指標，與傳統環境指標之評估結果幾無差異，應是最理想的獨立性環境指標。若不計迴歸離差均方上的影響，則亦可將各迴歸品系的資料自整個資料中去除後，以剩餘品系資料的環境效應估值作爲獨立性環境指標，但必須每一品系各有不同的環境指標，計算上比較麻煩。選定一對照品系，以其環境離差作爲各參試品系的共同環境指標估值，必須選擇對環境反應與參試品系相同型式的標準品系。至於將資料所有重複逢機劃分爲指標組及受試組的方法所建立的獨立性環境指標，只有在重複次數夠多時，始能獲致較準確的穩定性評估結果。

關鍵詞：穩定性分析、獨立性環境指標、落花生。

作物育種之目的，在創育高生產力及適應性（adaptation）廣的品種。然而，不同的基因型對於環境變異之反應型式，往往互不相同；此種相對間的差異，稱之爲基因型與環境間（G×E）之交感效應。目前從穩定性（stability）的觀念入手，對 G×E 交感效應所作的研究甚多，其中以直線迴歸模式最爲理想。 G×E 交感效應與環境差異之間通常均具有高度的直線關係，其係以各品種收量隨環境指標作迴歸所得的迴歸係數來評價品種的穩定性。該環境指標係由 Finlay and Wilkinson（1963）提出，爲在參試品種甚多的前提下，以各環境之平均收量與整個試驗的總平均值之偏差，作爲該一試驗的環境效應估值，因此若以各品種之收量（Eberhart and Russell 1966）或以 G×E 交感效應（Perkins and Jinks 1968a）隨環境指標作迴歸所得之迴歸式而言，其環境指標爲環境效應的估計值，實不符合迴歸分析中自變數爲固定值的一般假設，所以利用最小自乘法所得的迴歸係數爲一相對估值，換言之，所謂「穩定性」係一種相對性的概念，會隨著參試材料與環境因素的種類、數目之不同，其估值也改變。若欲將分析結果用之於育種選拔之預測工作，則缺乏客觀標準。 Hardwick and Wood（1972）曾針對此問題，舉出其可能引起的偏差（bias），且謂該偏差會因參試基因型個數之增加與機差項之均質化，而減至最小限度； Hill（1975）及 Moav and Hulata（1975）並且認爲，當環境是取自於一有限族群之逢機樣本時，迴歸係數之偏差不存在，但在實際進行

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1592 號。本研究承蒙國家科學委員會補助經費（NSC79-0409-B055-13），特此致謝。

2. 臺灣省農業試驗所農藝系副研究員。

試驗中，由於一性狀之表現，係同時受很多個環境因素影響而發生變異，雖然可藉主成份分析（Taylor and Mitton 1974；Freeman and Crisp 1979）先分解出較重要的影響因子，然後再應用複迴歸分析法，設法瞭解不同品系在生長過程中對各種環境因素組合的反應情形，但對植物發生影響的環境因素多不勝數，且不一定可以預知，故無法一一加以考慮，因此，如何決定這樣的一個環境族群，殊難以掌握，故在一般品種產量區域性試驗中，都是把該區域的各環境因素之組合視爲單一的環境指標來進行穩定性評估。然而由於基本上，探討穩定性的迴歸模式，若以上述非獨立性的環境指標作爲自變數，實不免有上述統計理論上之缺失及實際應用上的限制，故重新設定獨立性的環境指標當爲重要解決之道。

環境指標可分爲物理測度（physical measure）與生物測度（biological measure）兩類，前者係指環境物理條件的實際測量值，如氣溫、相對濕度、日照時數等（Wood 1976；Russell and Stuber 1985），後者則由試驗相關的觀測資料估計而來，如一般使用的非獨立性環境指標，雙親平均值（Perkins and Jinks 1968b, 1973；Lu and Wu 1986），雙親間之差（Knight 1971），對照品系（Fripp 1972；Zhang and Geng 1986）及其他獨立或近似獨立的環境變數估值（Fripp 1972；Virk *et al* 1984；Pham and Kang 1988）。根據各方試驗分析的結果均一致認爲，獨立性環境指標不但可補非獨立性環境指標在統計上之缺失，其評價品種穩定性的結果與非獨立性環境指標比較亦無太大差異，是以重新設定獨立性環境指標，確具有其可行性與適用性。唯，影響植物生長的環境因子很多，除非在控制環境下，否則實難以一一列舉，致使獨立性的物理測度在實際應用上受到相當的限制。

然而，這些獨立性或近似獨立的環境指標之間，其在應用上之統計前提與適用場合爲何？用以評估穩定性的結果是否有差異？其間應作一如何的取抉？這些重要而基本的考慮層面及研究課題，至今仍未見有這方面的報告。基此，本研究擬針對此問題，以落花生品系試驗資料爲實例說明，設立一些適合的獨立性環境指標估值，並在這些方法與傳統的非獨立性環境指標之間作更深入的比較與討論，以根本解決直線迴歸模式的缺失，並作爲日後育種上選拔適當環境指標的依據。

試驗材料

爲配合下述不同類型的獨立性環境指標，探討這些指標之適用性與可靠性，以建立一含有獨立性環境指標的穩定性之迴歸模式，擬利用 Lu *et al.* (1988) 之秋作落花生10種新育成品系，包括農育11～15號及南改系131～135號，與臺農4號、臺南選9號二個供對照的推廣品系在雲林崙背、元長、北港及四湖4種不同地區下進行兩年（自民國73至74年）之區域試驗的莢果及籽粒產量資料（均重複五次），建立適當的獨立性環境指標，以進行直線迴歸分析與統計上的探討。

理論模式及統計方式

設 Y_{ijk} 爲第 i 個品種在第 j 個環境下生長的第 k 個重複觀測值 ($i=1,\cdots,m,\ j=1,\cdots,n,\ k,=1,\cdots,p$)，則其基本的數學模式爲

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+E_j+I_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots(1)$$

式中 μ 爲總平均值，G_i 爲遺傳效應，E_j 爲環境效應，I_{ij} 爲品種 i 在環境 j 下之交感效應，e_{ijk} 爲滿足平均值爲 0 及變方爲 σ^2 的試驗機差項。依經驗知，$\bar{Y}_{ij.}$ 與 $\bar{Y}_{.j.}$ 間呈直線關係，故設 $I_{ij}=b'_iE_j+\delta_{ij}$ 代入上式得

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+E_j+b'_iE_j+\delta_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots(2)$$

即用以評價品種穩定性的直線迴歸模式爲

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+(1+b'_i)E_j+\delta_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots(3)$$

式中 b'_i 爲迴歸係數，δ_{ij} 爲迴歸離差。一般則以 $(1+b'_i)=b_i$ 定義爲第 i 個品種的穩定性係數，b_i 相當於以各品種平均收量對環境指標進行迴歸分析而得之迴歸係數，即(3)式亦可以下式表達：

$$\bar{Y}_{ij} = m_i + b_i E_j + \triangle_{ij} \cdots\cdots (4)$$

式中 $\bar{Y}_{ij}$ 爲品種 i 在環境 j 之平均收量，$m_i = \mu + G_i$ 爲第 i 個品種在所有環境之平均收量，$\triangle_{ij}$ 爲迴歸離差。Eberhart and Russell (1966) 認爲，迴歸離差均方 $S^2d_i = \sum_{j=1}^{n} \triangle^2_{ij}/(n-1)$ 與任何基因型變方之剩餘而無法預測之成份極爲相關，故應視爲第二種穩定性介量；S^2d 愈近於 0，表示 b 值之可信賴程度愈高。目前對 S^2d 適合作爲穩定性迴歸分析中之穩定性估值的爭議未定，但不管如何，將 G×E交感效應劃分成直線及非直線兩種成份而言，S^2d 仍具有應用上之意義。

傳統的直線迴歸模式中係以各環境均值與總平均值的離差 (E_j) 作爲環境指標的估值，由於此環境指標與分析資料間並非獨立，故須考慮建立一些獨立性的環境指標估值，以根本解決直線迴歸模式的缺失。

由於環境因素之實際計測量（物理測度的獨立性環境指標），僅侷限於人爲控制的環境或重要影響之環境因素相當明確而較少的場合，故本研究依照實際植物生長資料的特性，選定一些獨立性的環境指標估值及其代號如下：

1. 當參試品系數甚大時，將所有參試品系視爲同一族群的兩個樣本而分成兩組，彼此利用他組之環境效應估值，作爲該組的環境指標。按分成該兩樣本的取樣法，又可選擇：
   (R). 逢機取樣 (random sampling)；
   (S). 分層取樣 (stratified sampling)
   ——將最高及次高產量的基因型歸爲一對，第三及第四產量者爲一對等等，從每一對中逢機取出其一而共同組成爲一個樣本，其餘則爲另一樣本；
   (EX). 極端取樣 (extreme sampling)
   ——基因型的產量由高而低排序，取其較高的半數爲一組樣本，其餘較低者爲另一樣本。
2. (RP) 在重複次數夠多時，將整套試驗資料的重複，逢機分爲兩組——指標組及受試組。以指標組的資料計算而得的環境變數估值，作爲受試組的環境指標。因此，本研究資料均重複5次，將重複分爲兩組資料，有兩種可能：第一組（含2個重複）爲受試組而第二組（含3個重複）爲指標組（PR1），以及第二組爲受試組而第一組爲指標組的情形（RP2）。
3. (CK) 選定一標準品系，以其各環境均值與總平均值間的離差，作爲各參試品系的共同環境指標。該標準品系，一般爲在各環境下表現一致良好作爲對照的推廣品系。本研究資料含有二個對照品系（品系代號11,12），故有各取其一及兩者同時併入分析之三種可能的考慮情形。
4. (EL) 將欲評估品系（迴歸品系）的資料自整個資料除去後，以剩餘品系的資料計算環境效應估值，作爲該品系的環境指標。

以上四類環境指標之估計值，由於均非來自於參試品系所屬之樣本資料，故謂之爲「獨立」，而且非直接由物理測度而來，故均屬生物測度。按照試驗資料不同的性質與應用場合，必須選擇適合的獨立性環境指標。其中第一類指標不同的取樣方式，決定了其樣本代表族群的有效性與估計值的可靠性。第二類係考慮品系及環境數目均不甚多，又不具有特定的對照標準品系之情形下，但在重複次數夠多時可能設定獨立性環境指標的方法。而第三類標準品系的選定適合於一般均設有對照品系的品種區域試驗。第四類則適用於任何試驗，但不同品系須各有不同的環境指標估值。

爲檢定所建立之獨立性環境指標的可行性與可靠性，必須配合實際植物生長資料進行穩定性分析，並與傳統的非獨立性環境指標間作一比較，以作爲日後育種上選拔適當環境指標的依據。其檢定內容包括：直線迴歸模式配合的情形，各品系之穩定性介量間的序列相關 (rank correlation)，各品系之平均收量與迴歸係數間相關的變化等，並從中選出用以進行穩定性迴歸分析時最理想的獨立性環境指標。

結　果

將秋作落花生10種新育成品系與2種推廣品系（11,12）在4種不同地區下兩年（計有地區×年度8種環境條件）之區域試驗中所調查得到的莢果（pod）及籽粒（kernel）產量資料，分別以非獨立性（O）與獨立性環境指標（R, S, ……,EL）進行穩定性迴歸分析，所估得之各品系的平均產量（m）、迴歸係數（b）及迴歸離差均方（S^2d）分別列於表1及表2：由直線迴歸配合情形來看，除了籽粒性狀之 RP2 環境指標以外，兩種性狀之各種環境指標下各品系之 b 值皆顯著異於0（表1-A,B）；就迴歸離差均方言之，兩種性狀均顯示出 RP2 及 EL 指標會使交感作用呈非直線性的品系比例增高，而其他各種獨立性環境指標與傳統指標的結果則一致，其 S^2d 與 0 之間差異並不顯著（表2-A, B）。

Table 1. Mean yields (m) and the linear regression coefficient (b) of the individual genotype for different environmental indices in (A) pod and (B) kernel yield of peanut under fall season

(A) Pod yield

Genotype⁺	m (kg/ha)	b⁺⁺									
		O	R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
1	2,352.8	1.17	1.13	1.17	1.14	1.17	1.17	1.10	1.16	1.14	1.18
2	2,356.6	1.08	1.11	1.08	1.04	1.23	0.92	1.12	1.08	1.12	1.08
3	2,182.7	0.92	0.97	0.93	0.85	0.91	0.94	1.08	0.97	1.04	0.89
4	2,427.4	1.07	1.02	1.07	1.12	1.06	1.06	1.12	1.08	1.11	1.06
5	2,724.0	0.92	0.86	0.90	0.94	0.88	0.96	0.91	0.93	0.93	0.89
6	2,434.0	0.75	0.79	0.76	0.81	0.83	0.67	0.75	0.73	0.75	0.72
7	2,494.2	0.84	0.87	0.84	0.87	0.82	0.85	0.83	0.79	0.81	0.81
8	2,390.0	0.90	0.86	0.91	0.87	1.01	0.78	0.89	0.88	0.89	0.89
9	2,410.2	1.17	1.21	1.16	1.14	1.11	1.22	1.06	1.13	1.11	1.17
10	2,519.8	1.16	1.13	1.17	1.20	1.13	1.19	1.06	1.12	1.10	1.17
11	2,253.3	1.03	1.00	1.02	0.96	1.01	1.07	1.12	1.12	1.12	1.01
12	2,410.6	1.00	1.05	1.00	1.06	0.85	1.17	1.09	1.09	1.09	1.00
Mean	2,412.9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	0.99

(B)Kernel yield

Genotype⁺	m (kg/ha)	b⁺⁺									
		O	R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
1	1,707.5	1.19	1.16	1.23	1.21	1.17	1.20	1.14	1.22	1.19	1.20
2	1,652.6	1.11	1.13	1.07	1.13	1.27	0.95	1.15	1.10	1.14	1.12
3	1,422.3	0.83	0.78	0.91	0.90	0.84	0.84	1.07	0.93	1.02	0.80
4	1,743.1	1.23	1.21	1.15	1.20	1.10	1.32	1.26	1.15	1.23	1.21
5	1,921.1	0.85	0.84	0.73	0.86	0.86	0.84	0.85	0.82	0.84	0.79
6	1,703.1	0.70	0.68	0.72	0.74	0.79	0.60ⁿˢ	0.68	0.70	0.69	0.64
7	1,727.5	0.78	0.81	0.86	0.75	0.80	0.77	0.81	0.71	0.77	0.75
8	1,724.1	0.93	0.96	0.91	0.95	1.05	0.81	0.92	0.93	0.94	0.92
9	1,726.7	1.17	1.22	1.19	1.13	1.12	1.24	0.96	1.12	1.04	1.16
10	1,818.3	1.26	1.24	1.29	1.21	1.22	1.29	1.08	1.18	1.14	1.27
11	1,526.3	0.99	1.04	0.95	1.07	0.98	1.03	1.13	1.13	1.13	0.96
12	1,728.9	0.94	0.92	1.00	0.85	0.79	1.11	1.08	1.08	1.08	0.93
Mean	1,700.1	1.00	1.00	1.00	1.00	1600	1.00	1.01	1.01	1.02	0.98

⁺ : Genotype 1-5 : Nung-yu 11-15 ; 6-10 : Nan-kai-si 131-135 ; 11 : Tainung 4 ; 12 : Tainan sel. 9.

⁺⁺ : All signficant different from zero at 1% level except mark ns(non-significance).

Table 2. Estimates of the deviation mean squares (S^2d) of the individual genotype for different environmental indices in (A) pod and (B) kernel yield of peanut under fall season

(A) Pod yield

Genotype	O	R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
1	17,184	14,461	16,431	17,718	37,403	11,956	18,319	17,544	16,615	25,923
2	11,216	9,440	10,304	12,871	33,450	13,263	10,991	11,239	12,539	17,773
3	27,088	28,189	32,079	19,080	13,622	64,631	32,339	29,807	36,007	102,399**
4	24,344	20,032	23,295	27,131	16,498	53,817	24,303	24,424	25,886	29,575
5	41,981	38,457	36,407	32,600	52,643	37,200	39,534	42,513	40,838	178,092**
6	20,098	15,533	21,386	19,623	14,394	36,307	14,107	16,747	14,205	23,432
7	28,286	22,314	28,940	21,907	28,865	30,922	23,626	22,672	21,538	41,438
8	6,569	10,162	8,470	11,601	26,544	4,015	3,363	5,221	3,435	8,375
9	21,785	22,353	20,205	24,041	8,554	69,521*	22,661	22,526	20,226	26,720
10	16,474	15,760	18,089	14,619	23,384	18,146	17,108	17,204	14,647	35,411
11	43,586	45,511	39,315	32,393	74,187	41,099	44,027	44,027	44,027	86,068*
12	7,901	10,680	8,806	13,260	7,297	13,191	9,238	9,238	9,238	9,411

(B) Kernel yield

Genotype	O	R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
1	7,633	5,320	6,785	10,317	14,294	7,429	8,164	7,234	7,629	9,475
2	3,172	2,476	3,242	4,454	12,804	6,170	2,914	3,190	3,488	6,859
3	17,114	12,414	18,702	12,452	9,016	35,754	21,923	20,047	24,289	122,634**
4	35,441	34,329	29,006	30,220	9,008	112,517*	34,358	36,710	35,468	46,319
5	36,260	27,788	24,977	29,335	43,741	32,677	34,903	35,399	34,941	106,925*
6	27,140	29,266	16,948	24,434	19,222	41,643	22,756	27,433	24,712	30,511
7	13,189	9,904	15,341	12,345	15,691	12,421	12,703	9,496	10,905	16,074
8	4,098	2,658	6,798	5,775	12,132	4,317	3,189	4,131	3,627	5,584
9	25,855	27,902	31,216	23,931	13,473	58,170	24,835	26,309	23,912	32,613
10	10,105	10,105	8,585	7,742	11,220	12,962	12,166	11,590	10,066	31,212
11	22,598	25,588	22,844	15,581	36,345	23,242	23,184	23,184	23,184	67,064
12	7,875	7,751	8,150	13,867	6,537	10,763	9,514	9,514	9,514	10,372

*,** : Significantly different from zero at 5% and 1% level, respectivly.

所有獨立性環境指標之b值與傳統環境指標間有極顯著之正相關，而各種獨立性環境指標與傳統指標間之 S^2d 的估計值大小，除了莢果性狀的 RP（含 RP1 及 RP2 ）指標以及籽粒性狀之 RP1 和 EL 指標與傳統指標間之相關性會降低甚至於不顯著之外，其餘各種獨立性環境指標之 S^2d 值與傳統環境指標間均呈極顯著之正相關（表3）。爲探討以不同環境指標評價各品系之相對穩定性的結果是否一致，按 $b \simeq 1$ 及 $S^2d \simeq 0$ 爲最穩定的準則，將所有品系依次排序：b之序列（r_b）設爲1

者爲最穩定的品系，序列愈高則示愈不穩定； S^2d 之序列（r_s）設爲1者爲估得該品系之b值可靠性最高，序列愈高則示b值信賴度愈低（Eberhart and Russell 1966）。另外，亦同時將各品系平均收量（m）依其值大小依次排列，即收量最高者m的序列值設定爲1。因此，品系之 b, S^2d 及m的序列愈是在前（愈小），表示該品系爲高產且穩定的理想品種。兩種性狀之 m, b 及 S^2d 的序列值（r_m, r_b, r_s）各列於表 4-A, B。比較傳統環境指標與各種獨立性環境指標間穩定程度（r_b, r_s）之相關得知（表5），無論莢果或籽粒性狀， R, S, EX 及 EL 四種獨立性環境指標與傳統指標間所評估之穩定性均相當一致； CK 指標中若採品系12爲對照品系可獲致相同的結論，但由於品系11作爲對照品系可能並不適當，故同時考慮兩推廣品種爲對照品系時，以 CK 指標進行穩定性直線迴歸分析的結果反而與傳統指標所得者不一致； RP 指標所得結果則相當不一致。

Table 3. Correlation of magnitude of stability parameters between dependent environmental indices and each of independent environmental indices in pod and kernel yield of peanut under fall season

Trait		R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
Pod	b	.95***	1.00***	.94***	.83***	.88***	.82**	.95***	.90***	1.00***
	S^2d	.96***	.98***	.93***	.65*	.55	.97***	.98***	.95***	.82**
Kernel	b	.99***	.95***	.96***	.88***	.92***	.76**	.91***	.86***	1.00***
	S^2d	.96***	.90***	.96***	.51	.79**	.98***	.99***	.98***	.59*

*,**,*** : Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

Table 4. Ranking of the mean yields (r_m), regression coefficient (r_b) and deviation from mean squares (r_s) of the individual genotype for different environmental indices in (A) pod and (B) kernel yield of peanut under fall season

(A) Pod yield

Genotype	r_m	r_b										r_s									
		O	R	S	EX	RP 1	RP 2	CK 11	CK 12	CK11 +12	EL	O	R	S	EX	RP 1	RP 2	CK 11	CK 12	CK11 +12	EL
1	10	11	8	10	8	9	8	6	10	10	10	5	4	4	5	10	2	6	6	6	5
2	9	4	5	5	2	12	5	10	4	8	4	3	1	3	2	9	4	3	3	3	3
3	12	6	3	4	10	4	2	3	1	1	5	9	10	10	6	3	11	10	10	10	11
4	5	3	2	3	5	3	3	8	3	7	3	8	7	8	10	5	10	9	9	9	7
5	1	5	10	7	3	6	1	5	2	2	7	11	11	11	12	11	8	11	11	11	12
6	4	12	12	12	11	10	12	12	12	12	12	6	5	7	7	4	7	4	4	4	4
7	3	9	7	9	6	11	6	11	11	11	11	10	8	9	8	8	6	8	8	8	9
8	8	7	9	6	7	2	10	7	6	6	6	1	2	1	1	7	1	1	1	1	1
9	7	10	11	8	9	5	11	2	9	5	9	7	9	6	9	2	12	7	7	7	6
10	2	8	6	11	12	7	9	1	8	4	8	4	6	5	4	6	5	5	5	5	8
11	11	2	1	2	1	1	4	9	7	9	2	12	12	12	11	12	9	12	12	12	10
12	6	1	4	1	4	8	7	4	5	3	1	2	3	2	3	1	3	2	2	2	2

(B) Kernel yield

Genotype	r_m	r_b										r_s									
		O	R	S	EX	RP 1	RP 2	CK 11	CK 12	CK11 +12	EL	O	R	S	EX	RP 1	RP 2	CK 11	CK 12	CK11 +12	EL
1	8	8	5	9	10	7	7	7	10	9	7	3	3	2	4	8	3	3	3	3	3
2	10	4	4	3	5	12	2	8	4	7	4	1	1	1	1	6	2	1	1	1	2
3	12	6	9	5	3	6	5	2	2	1	6	7	7	8	6	3	9	7	7	9	12
4	3	10	8	7	8	3	11	11	7	10	9	11	12	11	12	2	12	11	12	12	9
5	1	5	6	10	6	5	4	9	8	8	8	12	9	10	11	12	8	12	11	11	11
6	9	12	12	11	12	9	12	12	12	12	12	10	11	7	10	10	10	8	10	10	6
7	5	9	7	6	11	8	8	10	11	11	10	6	5	6	5	9	5	6	4	6	5
8	7	3	1	4	1	2	6	3	1	3	3	2	2	3	2	5	1	2	2	2	1
9	6	7	10	8	4	4	9	1	5	2	5	9	10	12	9	7	11	10	9	8	8
10	2	11	11	12	9	11	10	4	9	6	11	5	6	5	3	4	6	5	6	5	7
11	11	1	2	2	2	1	1	6	6	5	1	8	8	9	8	11	7	9	8	7	10
12	4	2	3	1	7	10	3	5	3	4	2	4	4	4	7	1	4	4	5	4	4

Table 5. Correlation of ranking of stability parameters between dependent environmental indices and each of independent environmental indices in pod and kernel yield of peanut under fall season

Trait		R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
Pod	r_b	.76**	.92***	.74**	.36	.64*	.06	.71**	.42	.96***
	r_s	.92***	.98***	.91***	.37	.72**	.96***	.96***	.96***	.88***
Kernel	r_b	.85***	.82**	.77**	.31	.92***	.41	.72**	.59*	.94***
	r_s	.95***	.91***	.94***	.34	.90***	.98***	.97***	.97***	.80**

*,**,*** : Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

b與 S^2d 之間不論估值大小或其序列，除了R指標之外，兩種性狀之各種環境指標下皆無明顯的關係存在（表6），意指直線性與直線性的信賴程度無關，或稱兩種穩定性介量間互為獨立，此與Eberhart and Russell (1966) 所獲結果相同。b與m間之數值或序列亦無明顯直線關係（表6），顯示由該秋作落花生區域試驗中難以選出一個莢果或籽粒產量最高又最穩定的品系，且此種關係並不因環境變數測度之改變而受到影響。

Table 6. Correlation of statistics of regression analysis for each different environmental indices in pod and kernel yield of peanut under fall season

Trait		O	R	S	EX	RP1	RP2	CK11	CK12	CK11+12	EL
Pod	b vs S^2d	−.16	−.20	−.27	−.08	.10	.12	.16	.06	.13	−.25
	r_b vs r_s	−.07	−.16	−.08	−.23	−.01	−.33	−.04	−.26	−.12	.06
	b vs m	−.12	−.24	−.15	.12	−.22	−.03	−.45	−.26	−.36	−.13
	r_b vs r_m	−.17	−.43	−.44	−.15	.30	−.10	.00	−.19	.02	−.37
Kernel	b vs S^2d	−.13	−.04	−.14	−.15	−.23	.32	−.09	−.16	−.13	−.33
	r_b vs r_s	−.33	.62*	.24	.16	−.21	.50	.22	.29	.23	.16
	b vs m	.17	.17	.05	.02	.11	.16	−.29	−.09	−.20	.16
	r_b vs r_m	−.27	−.16	−.41	−.34	−.09	−.33	−.18	−.27	−.25	−.38

*： Significant at 5% level.

討 論

綜合以上結果得知，利用取樣法將所有參試品系分爲兩組後所求得的環境指標進行直線迴歸分析，可獲得與傳統環境指標極爲一致的穩定性評估結果，應是最理想的獨立性環境指標。但其中以逢機取樣（R）或極端取樣（EX）分組法所建立的獨立性環境指標，用以評價品系穩定性的準確性可能會則隨試驗材料之不同而異，蓋前者容易受逢機樣品不具代表性的影響，而後者將較高及較低產量的半數品系各歸爲一組較會減低組內基因型與環境交感作用，故造成所評估的穩定性結果可能不一致。若不計迴歸離差均方上的影響，則亦可考慮採取去除迴歸品系的方式（EL）求得獨立性環境指標，此與 Freeman and Perkins (1971) 及 Pritts and Luby (1990) 之主張符合。唯採取 EL 指標，必須每一品系各有不同的環境指標估值，計算上比較麻煩。 Fripp (1972) 及 Zhang and Geng (1986) 之以對照品系資料所得之環境效應值爲獨立性環境指標（CK）的建議，則可能會因所選擇的對照品系與參試品系對環境的反應型式不同，以致影響結果的準確性。如本研究中秋作落花生區域試驗資料，雖有兩種推廣品種可供對照，但宜僅採用品系12（臺南選9號）爲對照品系所估得之獨立性環境指標，可有較爲一致的結果。至於將資料所有重複劃分爲兩組資料，各以其中一組爲指標組計算其環境變數估值作爲另一受試組的獨立性環境指標的方法，顯然受樣品大小的影響甚鉅；只有在重複次數夠多時，此法所得之環境指標才能獲得準確的穩定性評估結果。

由於對植物發生影響的環境因素多不勝數，且不一定可以預知，所以環境因素之實際計測值對作物生長之穩定性並無太大意義；然正因爲如此，數學上「獨立」的環境指標幾無法求得，除非是在環境因素均確知且互相獨立的人爲控制環境，始有探討之必要。本研究從傳統環境指標重新設定直線迴歸之各種獨立性環境指標，嚴格來講，雖然在數理上並不滿足「獨立」之要求，但在解決傳統迴歸係數爲一種「相對穩定」的觀點上而言，此等近似「獨立」之環境指標不僅滿足統計分析上之理論要求，且在實際應用上與傳統指標之評估結果一致，對未來建立預測性之植物穩定性模式，應有所助益。獨立性環境指標之使用前提，必須假設取樣樣本均屬同一參試品系族群，因此取樣方法及大小之不同，倘不具代表性，可能會引起訊息之嚴重損失及錯誤結果。大致而言，只要基因型、環境及重複數很多，以上各種獨立性環境指標不但可補非獨立性的傳統環境指標在統計上的缺失，其評價品系穩定性的結果與非獨立性環境指標比較亦無太大差異。此與 Virk *et al* (1984) ， Pham and Kang (1988) 及 Pritts and Luby (1990) 之看法相符合。而其中以分層取樣分組所建立之獨立性環境指標，

可最不受試驗材料的限制。綜言之，需要大量的環境及基因型個數才能估得可靠的穩定性估計值，當環境及基因型個數甚少時，在可期待的未來，非介量分析法（Nassar and Hühn 1987）或許可考慮使用（Lu 1989）。

如何使迴歸分析之應用在作物穩定性的評估結果最具價值，根本解決之道乃有賴於經驗豐富且判定準確的育種工作者去確定適宜的品系參試（依習性、種緣、用途）及適當的環境（地域、年份、季節期作）組合，再配合合理的統計分析，才算圓滿。

誌　謝

本試驗承本所農藝系落花生研究室提供分析資料，特此誌謝。

參考文獻

1. Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6：36-40.
2. Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14：742-754.
3. Freeman, G. H. and J. M. Perkins. 1971. Environmental and genotype-environmental components of variability. Ⅷ. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. Heredity 27：15-23.
4. Freeman, G. H. and P. Crisp. 1979. The use of related variables in explaining genotype-environment interactions. Heredity 42：1-11.
5. Fripp, Y. J. 1972. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune.* II. Assessing the environment. Heredity 28：223-238.
6. Hardwick, R. C. and J. T. Wood. 1972. Regression methods for studying genotype-environment interactions. Heredity 28：209-222.
7. Hill, J. 1975. Genotype—environmental interactions —a challenge for plant breeding. J. Agric. Sci. 85：477-493.
8. Knight, R. 1971. A multiple regression analysis of hybrid vigor in single crosses of *Dactylis glomerata* L. Theor. Appl. Genet. 41：306-311.
9. Lu, H. S., W. L. Tsaur and J. H. Yang. 1988. Yield stability studies in peanut. J. Agric. Res. China 37：278-290.
10. Lu, H. Y. and H. P. Wu. 1986. Studies on the genotype-environment interaction of *Arabidopsis thaliana.* Bot. Bull. Academia Sinica 27：187-207.
11. Lu, H. Y. 1989. Studies on nonparametric method of phenotypic stability. I. Comparison between nonparametric and parametric measures. J. Agric. Res. China 38：208-215.
12. Moav, R. and G. Hulata. 1975. Genetic differences between the Chinese and European races of the common Carp. I. Analysis of genotype-environmental interactions for growth rate. Heredity. 34：323-340.
13. Nassar, R. and M. Hühn 1987. Studies on estimation of phenotypic stability：Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics 43：45-53.
14. Perkins, J. M. and J. L. Jinks. 1968a. Environmental and genotype-environmental components of variability. Ⅲ. Multiple lines and crossess. Heredity 23：339-356.
15. Perkins, J. M. and J. L. Jinks. 1968b. Environmental and genotype-environmental components of variability. Ⅵ. Non-linear interactions for multiple inbred lines. Heredity. 23：525-535.
16. Perkins, J. M. and J. L. Jinks. 1973. The assessment and specificity of environmental and genotype-

environmental components of variability. Heredity 30 : 111-126.

17. Pham, M. N. and M. S. Kang. 1988. Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. Crop Sci. 28 : 925-928.

18. Pritts, M. and J. Luby. 1990. Stability indices for horticultural crops. HortScience 25 : 740-745.

19. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1985. Genotype × photoperiod and genotype × temperature interactions for maturity in maize. Crop Sci. 25 : 152-158.

20. Taylor, C. E. and Mitton, J. B. 1974. Multivariate analysis of genetic variation. Genetics 76 : 575-585.

21. Virk, D. S., N. B. Singh, M. Srivastava and G. Harinarayana. 1984. Regression analysis for general adaptation in pearl millet using different environmental indices. Theor. Appl. Genet. 68 : 509-513.

22. Wood, J. T. 1976. The use of environmental variables in the interpretation of genotype-environment interactions. Heredity 37 : 1-7.

23. Zhang, Q. and S. Geng. 1986. A method of estimating varietal stability for data of long-term trials. Theor. Appl. Genet. 71 : 810-814.

Independent Environmental Indices for Stability Analysis in Peanut Yield Trials[1]

Hsiu Ying Lu[2]

Summary

Linear regression model is useful to evaluate the adaptation of a quantitative character to the change of environments. However, in the conventional regression analysis for stability, mean performance of individual genotypes is regressed on the environmental index measured by the mean performance of all genotypes grown in that environment. The use as independent variable of values which are not independent of the phenotypic variable regressed on to them, therefore the assessment of stability should correspond most closely to the average response of the trial individuals. In the present study, regression analysis on peanut yield trials were performed to construct different measures of independent environmental values and to compare their relative stability. The results showed that division of the genotypes by random, stratified and extreme method into two subsets using one subset to measure the genotype-environment interactions and the second subset to assess the environments made little difference on the general conclusion of regression analysis, thus can be regarded as ideal independent environmental indices. Inclusion of assessment genotype to assess its environmental values is useful when the effect on deviations from regression mean squares (S^2d) is ignored, but its use becomes difficult since there requires the caculation of a separate environmental index for each regression. Use of check genotypes which respond in the same way as the trial genotypes to assess the environments may also be satisfactory. Division of replicates at random into two subsets is preferred only when there are many replicates in the trial.

Key Words : Stability analysis, Independent environmental index, Peanut.

---

1. Contribution No. 1592 from Taiwan Agricultural Research Institute. This work was supported partly by the National Science Council, Grant No. 79−0409−B055−13.
2. Statistician, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, R. O. C.